

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Návrh válečkového dopravníku pro akumulátorovou stanici

Design of Roller Conveyor for a Battery Room

Student:

Kozel Patrik

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Šárka Hurníková, Ph.D

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Patrik Kozel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Návrh válečkového dopravníku pro akumulátorovou stanici**
Design of Roller Conveyor for a Battery Room

Zásady pro vypracování:

Navrhněte válečkový dopravník pro nabíjecí stanici, na kterém bude pojíždět svařovaný rošt (skid) s bateriemi.

Požadované technické parametry:

- 1) Šířka dopravníku bude 630 mm.
- 2) Délka dopravníku bude 900-2040 mm.
- 3) Výška po horní hranu kladky - 600 mm.
- 4) Rozměr skidu je 600x800 mm, jeho nosnost je 300 kg.

Rozsah práce:

cca 30 stran textu mimo přílohy, výkres celkové dispozice nabíjecí stanice, sestavný výkres a výkresy podsestavy.

Seznam doporučené odborné literatury:

- Dejl, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I: Spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce.* 1.vydání. Montanex a.s., Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3, 225s.
- Drastík, F. a kol.: *Strojnické tabulky pro konstrukci a dílnu.* 2.dop. vydání. Montanex a.s. Ostrava, 1999, ISBN 80-85780-95-X., 722s.
- Kříž, R., Vávra, P.: *Strojírenská příručka.* 1.vydání Praha:1993-1998. 8 svazků.
- Němček, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje.* 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8, 111 s.
- Fotodokumentace (elektronická).
- Firemní katalogy, prospekty, normy a www-stránky s danou problematikou.

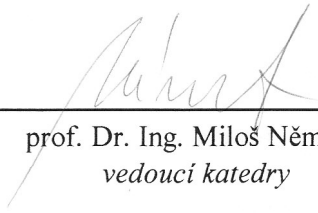
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.**


Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010





prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 29.dubna 2010

.....

Patrik Kozel

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím, s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 29.dubna 2010

.....

Patrik Kozel

Ke Kútám 136

739 42 Frýdek-Místek

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KOZEL, P. *Návrh válečkového dopravníku pro akumulátorovou stanici : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2010, 37s. Vedoucí práce: Hurníková, Š.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem dopravníku pro manipulaci svařovaného roštu, zvaný skid, s bateriemi v nabíjecí stanici. Dopravník je bez pohonné jednotky pro ruční obsluhu. Musí splňovat rozměrové parametry pro zadaný skid a rozměry nabíjecí stanice. Dopravníky jsou navzájem rovnoběžné a budou stát kolmo ke kolejišti. Vzdálenosti od kolejiště jsou pro všechny dopravníky totožné a musí umožnit průjezd ručně tlačенého vozíku, který pojíždí po kolejišti.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KOZEL, P. *Design of Roller Conveyor for a Battery Room : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2010, 37p. Thesis head: Hurníková, Š.

The bachelor thesis deals with structural design of the conveyor for handling a welded grid, called skid, with batteries in the battery room. The conveyor is without power unit for manual operation. Must meet the dimensional parameters for a given size skid and charging station. Conveyors are parallel to each other and will be placed perpendicularly to the track. Distance from the track are identical for all conveyors, and it must enable the passage of the manually pushed trolley, which travels on the track.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Úvod	9
2 Přehled dopravních a technologických procesů	9
2.1 Faktory technologických procesů	9
2.2 Rozdělení dopravních zařízení	10
3 Válečkové dopravníky	12
3.1 Účel válečkového dopravníku	12
3.2 Rozdělení válečkových dopravníků	13
3.3 Nepoháněné válečkové dopravníky	14
3.3.1 Dodavatelé válečkových dopravníků	14
3.3.2 Válečky	16
3.3.3 Nosné rámy přímých dopravníků	17
4 Návrh konstrukce válečkového dopravníku	18
4.1 Seznámení s firmou a analýza současného stavu nabíjecí stanice.....	18
4.2 Akumulátory a skid pro nabíjecí stanici	20
5 Konstrukční návrh a výpočty	22
5.1 Návrh U profilu – bočnice	22
5.2 Návrh nákolku	24
5.2.1 Návrh a kontrola čepu	25
5.2.2 Návrh a kontrola ložiska	28
5.3 Návrh a kontrola noh dopravníku	31
5.4 Návrh spojení bočnic	33
6 Závěr	35
7 Použitá literatura	36
7.1 Seznam obrázků	36
7.2 Seznam příloh	37
7.3 Seznam tabulek	37

Seznam použitých značek a symbolů

a	Velikost svaru	[mm]
d, D	Průměr	[mm]
g	Gravitační zrychlení	[m/s ⁻²]
i	Poloměr setrvačnosti	[mm]
k	Koeficient bezpečnosti	[-]
l, l_1, l_2, a, b	Rozměry pro kontrolu čepu	[mm]
l_0	Redukovaná délka	[mm]
m	Hmotnost	[kg]
n	Otáčky, Korekční součinitel	[min ⁻¹], [-]
o	Obvod	[mm]
p	Tlak	[MPa]
p_{dov}	Dovolený tlak	[MPa]
s_0	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
s_{min}	Minimální tloušťka stěny	[mm]
C	Dynamická únosnost	[kN]
C_0	Statická únosnost	[kN]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
F	Síla	[N]
F_a	Axiální síla	[N]
F_r	Radiální síla	[N]
I	Moment setrvačnosti průřezu	[mm ⁴]
L_{10}	Základní trvanlivost	[mil.ot.]
Mo	Ohybový moment	[N.m]
P_0	Ekvivalentní síla	[N]
Q	Tíhová síla	[N]
Re	Mez kluzu zvoleného materiálu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti zvoleného materiálu	[MPa]
S	Plocha	[mm ²]
W_o	Modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
X_0	Koeficient radiálního zatížení	[-]
Y_0	Koeficient axiálního zatížení	[-]
λ	Štíhlost	[-]
σ_o	Ohybové napětí	[MPa]
σ_{dov}	Dovolené ohybové napětí	[MPa]
τ	Smykové napětí	[MPa]
τ_{dov}	Dovolené smykové napětí	[MPa]

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem dopravníku pro manipulaci svařovaného roštu, zvaný skid, s bateriemi v nabíjecí stanici. Základní princip manipulace s akumulátory na pracovištích bude spočívat v tom, že se baterie uloží na kovový svařovaný rošt (skid). Skid bude mít rozměr 600 [mm] x 800 [mm] a nosnost 300 [kg]. Tento skid s bateriemi bude pojíždět po válečkových dopravnících. Pohyb skidu po dopravnících bude ruční – obsluha bude tlačit skid s bateriemi. Dopravníky budou vůči sobě navzájem rovnoběžné a zároveň budou stát kolmo ke kolejišti, které bude procházet krajní částí nabíjecí stanice. Vzdálenost válečkových dopravníků od kolejiště bude na všech pracovištích totožná a bude taková, aby umožnila průjezd ručně tlačенého vozíku, který pojíždí po kolejišti. Tento vozík bude umožňovat manipulaci s akumulátory, uložených na skidech mezi jednotlivými dopravníky.

2 Přehled dopravních a technologických procesů

Doprava ve strojírenství, stavebnictví, těžebním průmyslu a lidským potřebám je uskutečněna technickými zařízeními, které jsou rozděleny do skupin:

- zařízení plynulé dopravy (dopravníky)
- prostředky přerušované dopravy
- zdvihací zařízení.

Při volbě vhodného druhu dopravy a manipulaci s materiálem v průběhu technologických procesů musíme zohledňovat technické, ekonomické a bezpečnostní faktory.

2.1 Faktory technologických procesů

Technické faktory:

- návratnost
- hmotnost, tvar a fyzikální vlastnosti materiálu

- celková hmotnost manipulační jednotky
- možnosti a způsob odběru materiálu
- způsob příjmu a výdeje materiálu
- počet obsluhujících pracovníků a jejich kvalifikace

Ekonomické faktory:

- pořizovací náklady zařízení
- náklady na provoz zařízení
- předpokládaná doba využívání zařízení a stupeň jeho využití
- provozní náklady celé dopravní soustavy

Bezpečnostní faktory:

- ochrana před úrazem na zařízení
- doporučené ochranné pomůcky
- bezpečnostní odstup od nekrytých částí zařízení

2.2 Rozdělení dopravních zařízení

Dopravní zařízení je podle ČSN 26 0001 zařízení určené k vodorovnému, šikmému a svislému přemísťování nákladu, který je na zařízení přiveden jiným mechanismem nebo ručně, při přemísťování se obvykle nemění jeho fyzikální vlastnosti a struktura. Podstatná část zařízení je v klidu, pohybuje se náklad a část zařízení – unášecí prostředek. Unášecí prostředek se pohybuje s nákladem, přenáší zatížení od nákladu do nosné konstrukce a předává nákladu energii potřebnou k pohybu. Tažný prostředek (prvek) je část dopravníku předávající energii z pohonu na unášecí prostředek. V některých případech, např. dopravní pás, unášecí a tažný prostředek jsou identické.

Dopravní zařízení jsou spojena s dopravou plynulou ať už s plynulým tokem materiálu (sypké materiály) nebo v pravidelných dávkách (sypké i kusové hmoty). Dopravní zařízení se dají rozdělit z několika hledisek např. podle unášecího prostředku, konstrukčního uspořádání apod. [1].

Rozdělení:

- Dopravníky - s tažným prvkem
 - pásové dopravníky
 - lanopásové dopravníky
 - řetězové dopravníky
 - korečkové elevátory
 - poděsné dopravníky
 - lopatkové dopravníky
 - redlerové dopravníky
- bez tažného prvku
 - šnekové dopravníky
 - vibrační dopravníky
- Válečkové dopravníky
 - poháněné
 - nepoháněné
- Doprava vlastní tíhou
 - skluzy přímé
 - skluzy šroubovicové
- Doprava v potrubí
 - hydraulická
 - pneumatická

3 Válečkové dopravníky

Dopravníky jsou tvořeny soustavou válečků otočných kolem os uložených v rámu a kolmých na směr dopravy. Používají se na dopravu předmětů s rovnou dosedací plochou např. bedny, tyče apod. Drobné předměty na dopravu ukládáme do beden nebo na podložky. Dopravované předměty musí být uloženy nejméně na dvou válečcích. Vhodné pro vodorovnou i úpadnou dopravu kusových materiálů v přímém směru i do boku.

Válečkové dopravníky ve všech svých frontách slouží výhradně pro přepravu a skladování kusového zboží ve vnitrozávodové dopravě, hlavně pak v závodě sériové a hromadné výroby. Téměř vždy jsou to zařízení jednoduchá. Pro snadnost montáže a provozní spolehlivosti dosáhla širokého použití při mechanizaci dopravy, zejména pak v hromadné výrobě v různých odvětvích průmyslu [2].

3.1 Účel válečkového dopravníku

Při hromadné výrobě se předměty přepravují z jednoho místa na druhé podle technologie výroby nebo skladování. Moderní pojetí manipulace s materiálem požaduje komplexní řešení. Válečkových dopravníků se může použít v uzavřeném technologickém procesu buď samostatně, nebo tvoří pouze prvek celého dopravního souboru [2].

Základní skupiny válečkových dopravníků:

- a) Sběrné dopravníky – slouží pro odkládání předmětů od jednotlivých operací a následně se dopravují do následujících pracovišť.
- b) Výrobní dopravníky – jsou součástí pracovní linky, která obstarává dopravu mezi stanicemi jednotlivých operací. Na konci výrobního dopravníku je předmět hotový.
- c) Montážní dopravníky – přeprava montovaného předmětu mezi pracovními stanicemi, podobá se výrobnímu dopravníku.

3.2 Rozdělení válečkových dopravníků

a) Podle druhu a způsobu pohonu:

- nepoháněné

 - vodorovné

 - spádové (gravitační)

- poháněné

 - s volnými válečky

 - s pevně naklínovanými válečky

 - s prokluznými válečky

b) Podle směru dopravy:

- přímé dopravníky

- obloukové dopravníky



Obr. 1 Obloukový dopravník[4]

c) Podle zatížení dopravníků:

- lehké (zatížení max. 100 kg na 1m dopravníku)

- střední (zatížení 200 kg na 1 m dopravníku)

- těžké (zatížení 500 kg na 1 m dopravníku)

d) Podle tvaru válečků:

- kuželíkové, kladičkové, cylindrické, kotoučové, různě tvarované

e) Podle provozních podmínek a uspořádání:

- stabilní, pojízdné, přenosné, otočné a zvedací

3.3 Nepoháněné válečkové dopravníky

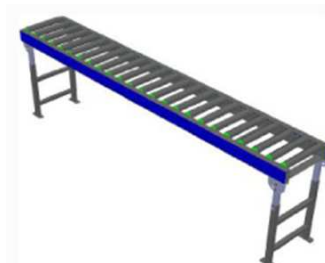
Jsou nejjednoduššími dopravními zařízeními, které se skládají z volně otočných válečků, pevně uložených profilech. Profily jsou spojeny příčnými svorníky. Rámy jsou podloženy nohama nebo svařovanou konstrukcí. Ruční manipulace je vhodná pro mezioperační dopravu a ve většině případech se takto přepravují těžké předměty. Možnost je i přikotvení k podlaze, při obsluze jedné, nanejvýš dvou osob. K přemístění materiálu na válečkových tratích se také používají tlačky mechanické, pneumatické a řetězy. Při přepravě rozměrných nákladů se používá dvojitý válečkový dopravník.

3.3.1 Dodavatelé válečkových dopravníků

1) ATYKO, spol. s r. o.

Úspěšně působí na tuzemském trhu již více než 10 let. Mezi její hlavní zaměření patří dodávka dopravníkových systémů pro všestranné použití ve výrobních a skladových provozech. Společnost ke všem výrobkům dodává certifikát CE s prohlášením o shodě, je také držitelem ISO 9001.

Cílem firmy i jejích zaměstnanců je zabezpečit pro zákazníky ty nejlepší služby v oblasti projektování, výroby, montáže, řízení a servisu dopravníkových systémů. Mnohaleté zkušenosti navíc umožňují řešit i neobvyklá přání. Spokojenost zákazníka je základním prvkem firemní strategie a dlouhodobým cílem společnosti.



Obr. 2 Válečkový dopravník nehnaný [4]

2) TRANZA a.s. Lednice

Společnost Tranza a.s. navrhuje a vyrábí válečkové tratě i komplexní dopravní systémy pro stavebnictví, automobilový, chemický či potravinářský průmysl, pro logistická centra, letiště či pošty. Je připravena Vám dodat jak samostatné moduly, tak komplexní dodávku přesně podle Vašich požadavků.



Obr. 3 Nepoháněný válečkový dopravník [5]

3) Libor Brom – MOSTR

Hlavní náplní firmy je výroba dopravníků, plechotvářecích strojů, zejména pro využití v klempířských, zámečnických a údržbářských dílnách a provozech. Jde o produkci dle vlastních konstrukčních návrhů.



Obr. 4 Válečkový dopravník H [6]

Rozšiřitelný, modulární systém válečkových dopravníků s šířkami válečků 450 mm, 550 mm, 650 mm, 750 mm, 850 mm, 1050 mm a s délkou modulů 2 a 3 m. Díky modulárnímu způsobu konstrukce celého systému H se dá z různých modulů sestavit vhodná linka téměř pro každý požadavek. Každá složka linky se dá použít jako díl stavebnice, díky čemuž odpadá zakázková výroba potřebných dílů. Lze sestavit manipulační systémy od jednoduchého podávacího a odebíracího zařízení

až k automatickému dorazu s NC řízením, jednotkám příčných dopravníků a pohonům válečkových dopravníků pro maximální úsporu času a maximální ergonomii na pracovišti [6].

3.3.2 Válečky

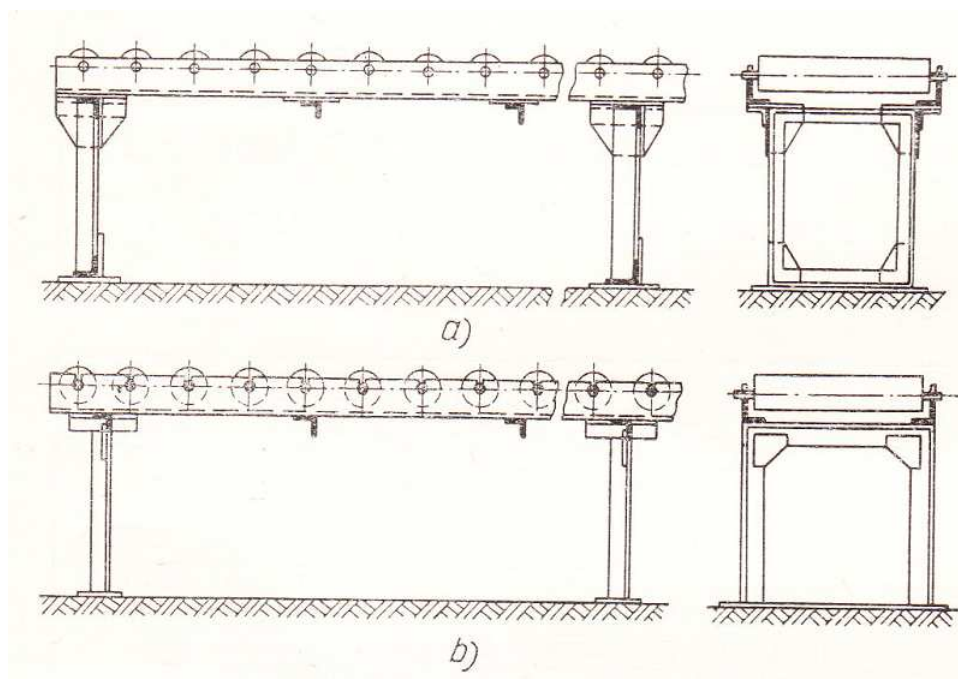
- a) **Průměr válečků** – jak vyplývá již ze základních pouček mechaniky, bude odpor válečkových dopravníků menší, bude-li menší váha válečků (menší moment setrvačnosti) a větší průměr válečků [2].
- b) **Délka válečků** – rozmezí 250 až 800 mm, ale mohou být i delší pro speciální účely o délce např. 1200 mm. Délka se volí zpravidla o 50 až 100 mm delší než rozměr předmětu.
- c) **Rozteč** – přemísťovaný předmět musí ležet zpravidla na minimálně dvou válečcích.
- d) **Tvar válečků** – nejčastěji se volí válečky cylindrické, které jsou normalizované.
- e) **Výroba válečků** – válečky se vyrábějí především z tažených bezešvých trubek s čely kovanými, lisovanými, nebo litými.
- f) **Normy válečků** – normy jsou pouze pro válečky málo namáhané.



Obr. 5 Hladký váleček [5]

3.3.3 Nosné rámy přímých dopravníků

Nosná konstrukce přímých dopravníků se skládá z vodorovného nebo mírně skloněného rámu a podpěrných kozlíků. Rám bývá nýtovaný, svařovaný a šroubovaný z ploché oceli, profilové oceli a někdy i z lisovaných profilů z plechu. Při výrobě je nutno pečlivě dbát na přesné rozdělení otvorů nebo drážek pro hřídele válečků nebo upevňovacích šroubů ložisek, neboť jinak nebudou osy válečků přesně rovnoběžné a odpor tratě vzroste. Příčná vzdálenost nosných profilů je buď zajištěna distančními šrouby (pouze u lehkých tratí), nebo příčnými úhelníky přinýtovanými nebo přivařenými na spodní příruby nosných profilů. Na obr. 6a je rám ze dvou úhelníků, vzájemně spojených přinýtovanými příčnými úhelníky. Příčné distanční úhelníky bývají často přivařeny (obr.6b) [2].



Obr. 6 Nosný rám středního typu [2]

4 Návrh konstrukce válečkového dopravníku

V této kapitole se zaměřím na konstrukci válečkového dopravníku, který je omezen zadanými rozměry a musí být přizpůsobený rozměrovým parametrům nabíjecí stanice.

4.1 Seznámení s firmou a analýza současného stavu nabíjecí stanice

Firma Fapros družstvo má sídlo v Brušperku a další dvě její pobočky jsou v Paskově a ve Studénce. Firma se zabývá:

- řešení technologických celků a jednoúčelových zařízení
- řešení manipulace s materiálem a skladů dopravních systémů a vnitropodnikových doprav
- řešení systémů technologických uzlů a výrobních linek včetně průmyslových rozvodů technologických systémů
- projekční a konstrukční strojní práce včetně navrhování hydraulických a pneumatických systémů
- projekční a konstrukční práce elektro, silno a slaboproud a průmyslové automatizace
- řešení problematiky pohonů
- rekonstrukce a generální opravy strojních zařízení a technologických celků
- dodávky HW a SW řídicích systémů Siemens Simatic řady S7 a S5 , Allen Bradley, GE Fanuc, Mitsubischi a.j. [7]

V bakalářské práci budu řešit konstrukci válečkového dopravníku pro nabíjecí stanici pro dopravu svařovaného roštu (skidu). Instalace dopravníků bude provedena v nabíjecí stanici v DKV Olomouc na základě fotodokumentace a výkresové dokumentace nabíjecí stanice. V návrhu konstrukčního řešení válečkového dopravníku musí být respektovány následující podmínky - rozměry skidu a zadané rozměry dopravníku, které jsou důležité pro umístění v nabíjecí stanici.

Tato nabíjecí stanice je momentálně v provozu, ale způsob jakým jsou akumulátory v nabíjecí stanici přemísťovány není příliš vhodný. Dochází ke značnému opotřebení

stávajících nabíjecích lavic, proto je zde navržen válečkový dopravník, na kterém bude pojíždět skid s akumulátory. Dnes se musí manipulovat s každým akumulátorem zvlášť ručně.

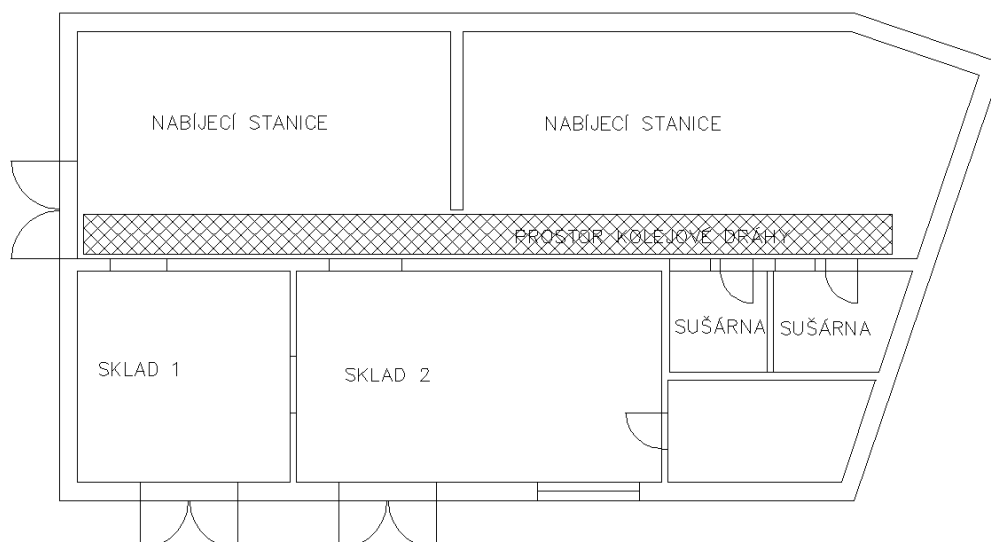


Obr. 7 Fotodokumentace místnosti nabíjecí stanice



Obr. 8 Fotodokumentace opotřebení nabíjecí lavice

V nabíjecí stanici probíhá vícero úkonů na pracovištích. Schéma nabíjecí stanice a celkové dispozice DKV Olomouc je zobrazena na obr. 9.



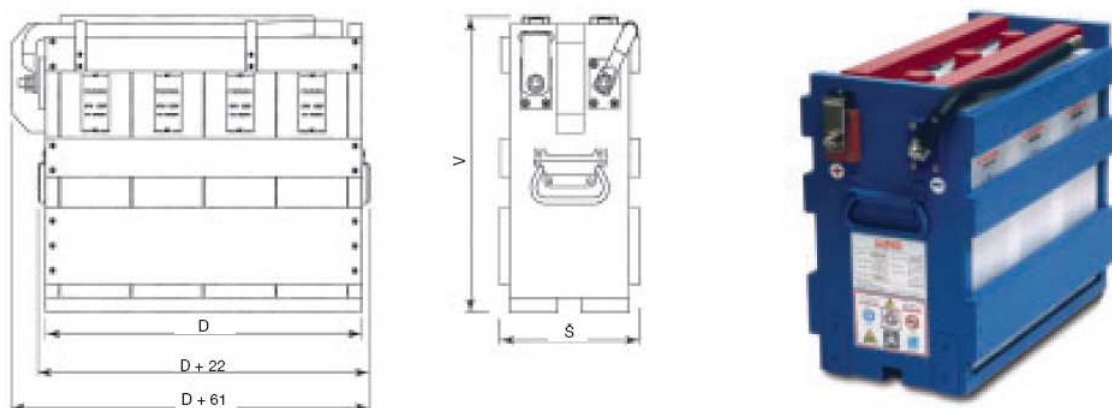
Obr. 9 Schéma DKV v Olomouci

Obsluha v nabíjecí stanici musí provést výměnu elektrolytu (nalití a vylití akumulátorů). Při výměně elektrolytu se musí akumulátory propláchnout destilovanou vodou. Použití skidu umožní nakládat stejné akumulátory a pomocí otočného stolu umožní snadnou manipulaci pro nalívání a vylívání elektrolytu. Mezi další úkony patří dobíjení a sušení akumulátorů. Tato manipulace je navržena pro akumulátory nabíjecí stanice železničních, osobních vozů a lokomotiv.

4.2 Akumulátory a skid pro nabíjecí stanici

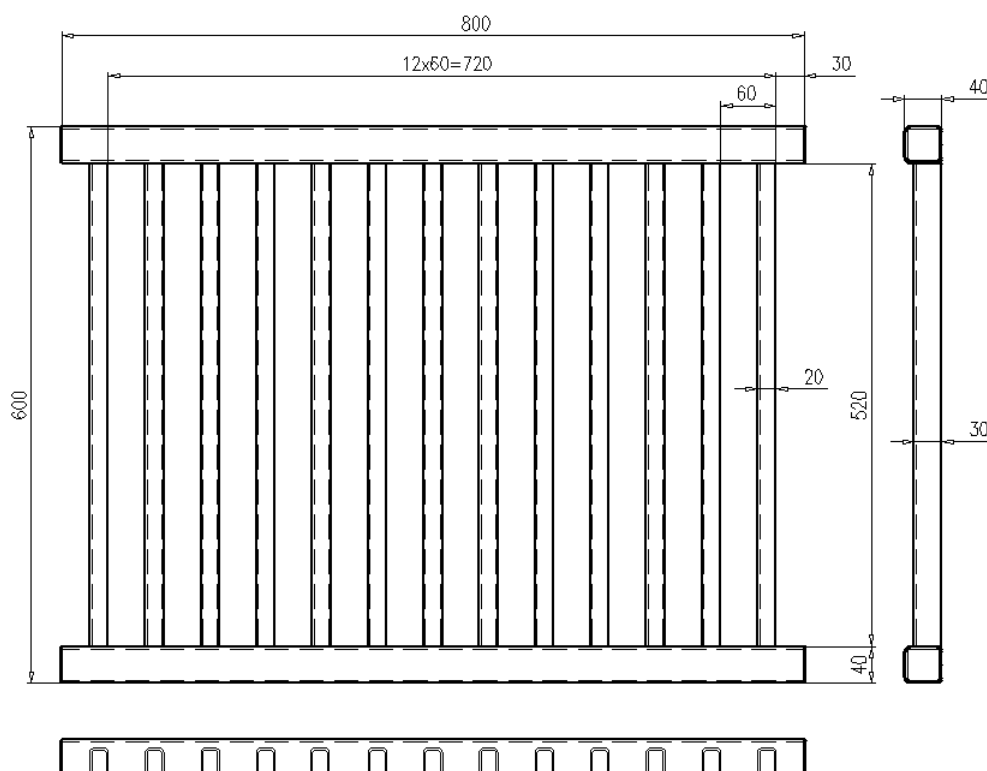
Hlavním dodavatelem akumulátorů je firma **Saft Ferak a.s.**, která je dceřinou společností firmy Saft v České republice. Společnost Saft Ferak a.s. se sídlem v Raškovících nedaleko Frýdku-Místku má více než padesátiletou zkušenost s vývojem, konstrukcí, výrobou i servisem nikl-kadmiových baterií. Saft Ferak vyrábí vysoce kvalitní baterie, které prostřednictvím rozsáhlé obchodní sítě Saft míří do celého světa. Zároveň je zavedeným dodavatelem všech průmyslových baterií Saft na trhu střední a východní Evropy [8].

Baterie jsou běžně skládány z článků ve standardních plastových polypropylénových nádobách, uložených v překližkových nosičích. Nosiče je možno podle potřeby vybavit čelními vývodními svorkami. Volitelně lze dodat nehořlavé provedení, nerezové nosiče či mechanické uspořádání podle specifických požadavků [8].



Obr. 10 Schéma a fotografie akumulátoru [8]

Z důvodu možného úniku elektrolytu a následného proplachování, musí být konstrukce dopravníku řešena z praktických důvodů přidáním desky pod válečkový dopravník se sklonem 2% do středu dopravníku a vhodně řešeným vývodem pro odtok kapalin. Deska je z polypropylenu, která bude přišroubována ke konstrukci a utěsněna tmelem. Akumulátory mívají bombírovanou spodní část, která má za následek těžké posouvání po podložce a manipulace s nimi je pro jejich hmotnost obtížná. Tyto těžké akumulátory se proto budou ukládat na skid, který má nosnost 300 kg a jeho konstrukce je zobrazena na obr. 11.

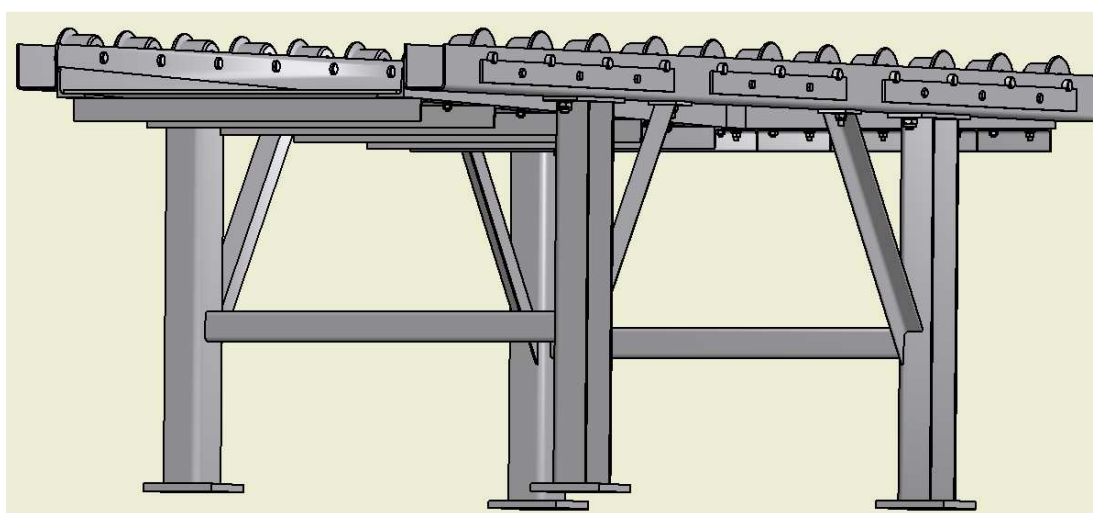


Obr. 11 Náskres skidu

5 Konstrukční návrh a výpočty

V následující kapitole bude proveden návrh nosných profilů, čepu a dalších prvků, které jsou součástí válečkového dopravníku. Tyto navržené prvky budou pevnostně kontrolovat.

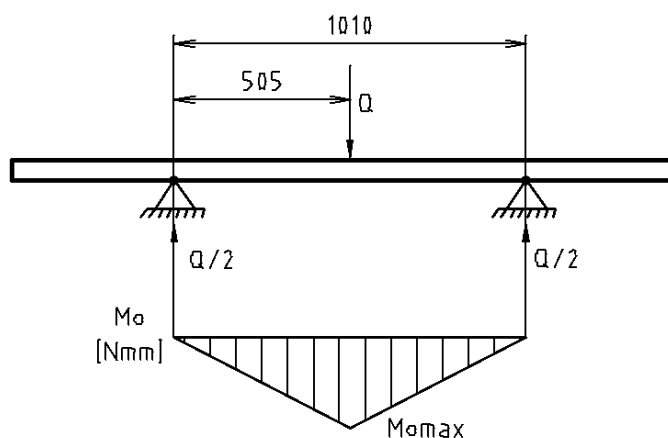
Zobrazení návrhu válečkového dopravníku v programu Autodesk Inventor Professional 2010 ve 3D:



Obr. 12 Válečkový dopravník

5.1 Návrh U profilu - bočnice

U – profil, který nazývám bočnice je určený pro uložení válečků.



Obr. 13 Zatížení profilu

Výpočet sil:

$$F_{\max} = (m_{\text{skid}} + m) \cdot g = (14,4 + 300) \cdot 9,81 = 3084 \text{ [N]} \quad (1)$$

$m_{\text{skid}} = 14,4 \text{ [kg]}$ hmotnost svařované konstrukce

$m = 300 \text{ [kg]}$ nosnost svařované konstrukce

$g = 9,81 \text{ [kg/m}^2\text{]}$ gravitační zrychlení země

$$Q = \frac{1}{2} \cdot F_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 3084 = 1542 \text{ [N]} \quad (2)$$

Q – tíhová síla působící na nosník mezi podporami. Síla F_{\max} se rozloží do dvou nosníků válečkového dopravníku, pak je tedy tíhová síla působící na jeden nosník poloviční.

Jelikož předpokládáme, že síla od zátěže bude působit uprostřed nosníku, bude v obou podporách působit síla poloviční ($Q/2$) opačného směru.

$$\frac{Q}{2} = \frac{Q}{2} = \frac{1542}{2} = 771 \text{ [N]} \quad (3)$$

Výpočet ohybových momentů:

Maximální ohybový moment bude působit podle schématu ve středu nosníku.

$$M_{o \max} = \frac{Q}{2} \cdot 505 = 771 \cdot 505 = 389355 \text{ [Nmm]} \quad (4)$$

Návrh minimálního potřebného profilu:

$$\sigma_{dov} = \frac{M_{o \max}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{o \max}}{\sigma_{dov}} = \frac{389355}{136} = 2863 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (5)$$

$\sigma_{dov} = 136 \text{ [MPa]}$ dovolené napětí v ohybu

$$\sigma_{dov} = \frac{R_m}{k} = \frac{340}{2,5} = 136 \text{ [MPa]} \quad (6)$$

$R_m = 340 \text{ MPa}$ mez pevnosti zvoleného materiálu

Volím materiál ocel 11373 s mezí pevnosti 340 – 440 [MPa] a tvrdosti maximálně 225HB[12]. Konstrukční ocel je vhodná pro mírně namáhané součásti a má zaručenou svařitelnost.

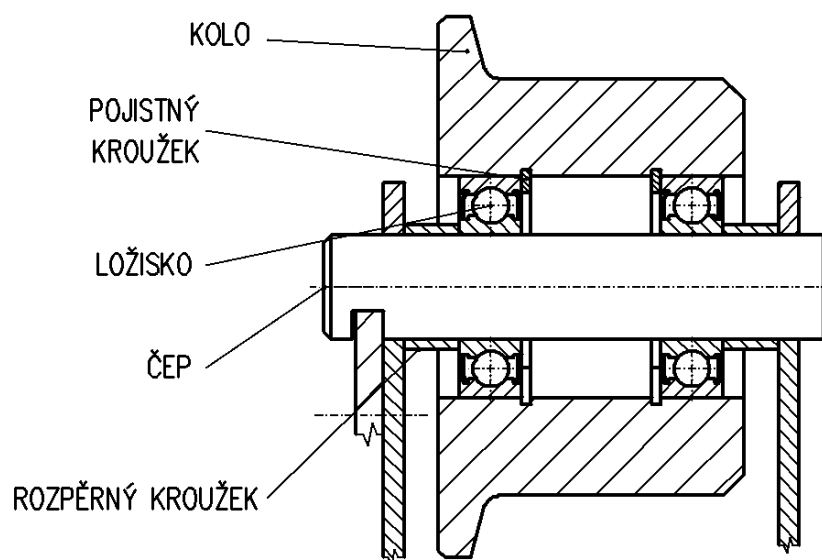
$k = 2,5$ koeficient bezpečnosti. Z předběžných důvodu volím koeficient bezpečnosti. Může dojít k nesprávnému uložení akumulátorů a v případě kdyby nosnost skidu byla překročena.

Volím hutní polotovary z katalogu společnosti Feron, a.s. s vyšším modulem.

Volím rovnoramenný profil tyč U 60x3 ČSN 42 6963 -11 373 [9].

5.2 Návrh válečku

Váleček se bude skládat z čepu, kola, ložisek, rozpěrných kroužků a pojistných kroužků.



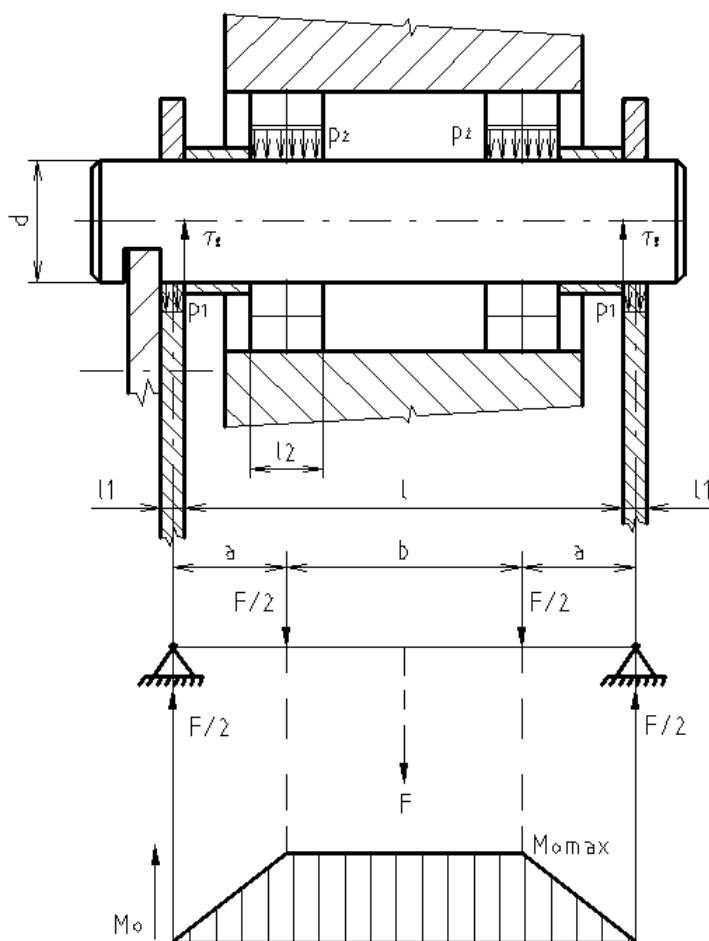
Obr.14 Váleček

Zamezení otáčení čepu dosáhneme přidáním plechu na vnější stranu bočnic, které budou uloženy v drážce čepu.

5.2.1 Návrh a kontrola čepu

Čepy se používají k otočnému spojení strojních součástí, které zpravidla přenášejí síly kolmé na osu čepu. Čepy jsou ve většině případů normalizovány. Jsou obvykle uloženy s vůlí a vytvářejí kloubové spoje. Pevnostní výpočet budu provádět na ohyb, otláčení a stříh podle obr. 15.

Pevnostní výpočet čepu:



Obr. 15 Namáhání čepu

Máme vypočtenou maximální sílu působící na dopravník $F_{\max} = 3084 [N]$ (1), ze které spočítáme sílu, která působí na jeden čep (7). Jelikož uvažujeme u skidu s nerovností spodní plochy, počítáme maximální zatížení na tři válečky.

$$F = \frac{1}{3} \cdot F_{\max} = \frac{1}{3} \cdot 3084 = 1028 \text{ [N]} \quad (7)$$

Sílu působící na nákok F rozložíme na dvě síly působící na ložiska.

$$\frac{F}{2} = \frac{1028}{2} = 514 \text{ [N]} \quad (8)$$

a) Návrh průměru čepu

Máme vypočtenou sílu působící na čep podle (7) a zvolíme si základní rozměry válečku. Návrh průměru čepu d lze zvolit podle ohybu nebo podle stříhu. Volba materiálu, volba hodnot dovolených napětí σ_D , τ_D a dovolených tlaků p_D při statickém nebo mírně proměnlivém zatížení jsou uvedeny v tab. 1 [11].

Tab. 1 [9]

Materiál čepu	σ_D [MPa]	τ_D [MPa]	Materiál oka	p_D [MPa]
11 373	70	50	šedá litina	60÷80
11 423	80	60	ocelolitina	70÷90
11 500	100	70	11 343	100
11 600	120	80	11 500	120

Volím materiál čepu 11 600 a dovolené napětí $\tau_D = 80$ [MPa] podle tab.1.

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_D \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{2F}{\pi \cdot \tau_D}} \quad (9)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \cdot 1048}{\pi \cdot 80}} = 2,9 \text{ [mm]}$$

Z konstrukčních hledisek volím průměr čepu $d = 15$ [mm].

b) Ohybové napětí

Namáhání spojovacího čepu, který je zatížen silou F podle obr. 17 se bude počítat jako namáhání nosníku na dvou podporách ohybem. Volím podle tab. 1 dovolené napětí $\sigma_D = 120 \text{ [MPa]}$ pro materiál 11 600. Rozměry, které budu potřebovat k výpočtu jsem volil podle zvolené bočnice (U60x5) v kapitole 5.1. Šířka stěny bočnice $l_1 = 3 \text{ [mm]}$, vnitřní rozteč mezi stěnami bočnice $l = 54 \text{ [mm]}$.

Maximální ohybový moment bude působit mezi ložisky.

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{M_{o\max}}{W_o} = \frac{4F \cdot (2l_1 + l)}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_D \\ \sigma_o &= \frac{4 \cdot 1028 \cdot (2 \cdot 3 + 54)}{\pi \cdot 15^3} \leq \sigma_D \\ \sigma_o &= 23,3 \text{ MPa} \leq \sigma_D = 120 \text{ MPa}\end{aligned}\tag{10}$$

$$M_{o\max} = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{l_1}{2} + \frac{l}{4} \right)\tag{11}$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}\tag{12}$$

Maximální ohybové napětí vyhovuje dovolenému napětí.

c) Kontrola na otlačení

Kontrolu budeme provádět v místě, kde působí tlak p_1 od čepu na bočnici (13). Rozměry $l_1 = 3 \text{ [mm]}$, průměr čepu $d = 15 \text{ [mm]}$ a síla $F = 1028 \text{ [N]}$. Dále pak zkontrolujeme tlak p_2 od uložení ložisek působících na čep (14). Rozměr ložiska $l_2 = 9 \text{ [mm]}$, rozměry d , F jsou stejné jako v předchozím případě. Hodnotu dovoleného tlaku volím $p_D = 150 \text{ [MPa]}$ pro míjivé zatížení podle [12].

$$\begin{aligned}p_1 &= \frac{F}{2 \cdot d \cdot l_1} \leq p_D \\ p_1 &= \frac{1028}{2 \cdot 15 \cdot 3} = 11,4 \text{ [MPa]} \leq p_D = 150 \text{ [MPa]}\end{aligned}\tag{13}$$

Působení tlaku p_1 vyhovuje dovolenému tlaku.

$$p_2 = \frac{F}{2 \cdot d \cdot l_2} \leq p_D \quad (14)$$

$$p_1 = \frac{1028}{2 \cdot 15 \cdot 9} = 3,8 \text{ [MPa]} \leq p_D = 150 \text{ [MPa]}$$

Působení tlaku p_2 vyhovuje dovolenému tlaku.

d) Kontrola na střih

Kontrola na střih bude provedena podle znázornění smykového napětí na obr. 17. Dovolené napětí $\tau_D = 80 \text{ [MPa]}$ podle tab.1, $d = 15 \text{ [mm]}$, $F = 1028 \text{ [N]}$.

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_D$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot 1028}{\pi \cdot 15^2} \leq \tau_D \quad (15)$$

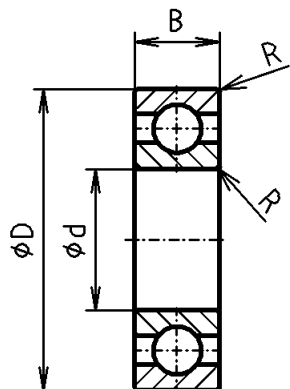
$$\tau_s = 2,9 \text{ [MPa]} \leq \tau_D = 80 \text{ [MPa]}$$

Působení smykového napětí vyhovuje dovolenému smykovému napětí.

5.2.2 Návrh a kontrola ložiska

Při návrhu a kontrole ložiska je důležitá síla působící na ložisko a počet otáček. Jelikož síla je poměrně malá a otáčky jsou $< 10 \text{ [ot/min]}$ provedu statickou kontrolu ložiska a následně vypočítám životnost.

Schéma jednořadého kuličkového ložiska s jeho základními parametry



D - velký průměr ložiska

d - malý průměr ložiska

B - šířka ložiska

R - rádius ložiska

Obr. 16 Jednořadé kuličkové ložisko

Výpočet ekvivalentní síly:

- síla na jedno ložisko

Známe hodnotu síly $F = 1028 \text{ [N]}$ (7), která se rozdělí mezi 2 ložiska a na každé ložisko bude působit poloviční síla kterou již taky známe $F/2 = 514 \text{ [N]}$ (8).

- ekvivalentní síla

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad (16)$$

Všechny síly namáhající ložiska jsou čistě radiální. Axiální síla $F_a = 0$. Pro tento případ jsou hodnoty koeficientů rovny $X_0 = 0,6$ a $Y_0 = 0,5$ [12].

Radiální síla F_r

$$F_r = F/2 = 514 \text{ [N]} \quad (17)$$

Jelikož je síla na ložisko pouze radiální proto

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a = 0,6 \cdot 514 + 0,5 \cdot 0 = 308,4 \text{ [N]} < F_r \Rightarrow P_0 = 514 \text{ [N]} \quad (18)$$

Volím předběžně jednořadé kuličkové ložisko s oboustranným zakrytím z katalogu SKF
*6002 – 2RSL EXPLORER, hodnoty ložiska jsou zaznamenané v tab.2.

Tab. 2 Hodnoty ložiska

Označení	Dynamická únosnost C	Statická únosnost C_0	Ekvivalentní síla P_0	Vnější průměr D	Vnitřní průměr d	Šířka B	Rádus R
	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
*6002-2RSL	5,85	2,85	0,3084	32	15	9	0,3

Statická kontrola:

Volím součinitele statické bezpečnosti s_{0min} podle tab.10, str.77 [10].

Provozní podmínky považuju za normální a požadavky na tichý chod taky za normální.

Z těchto hodnot vychází $s_{0min} = 1$

$$s_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{2850}{514} = 5,545 \geq s_{0min} \quad (19)$$

Statická podmínka je splněna a vyhovuje.

Výpočet trvanlivosti ložiska:

Pro výpočet životnosti musíme znát počet otáček za minutu, které však neznáme, ale víme, že jich je méně jak 10. Budeme předpokládat jednosměrný provoz skidu na dopravníku, který bude pracovat v intervalu jednoho přejetí po dopravníku za minutu. Skid je dlouhý 800 mm a průměr kola, po kterém skid pojíždí volím 60 mm. Pomocí výpočtových vztahů dojdou k výsledným otáčkám za rok.

- obvod kola

$$o = \pi \cdot D = \pi \cdot 60 = 188,5 \text{ [mm]} \quad (20)$$

- počet otáček kola po přejetí skidu

$$n = \frac{L}{o} = \frac{800}{188,5} = 4,2 \text{ [ot / min]} \quad (21)$$

- počet otáček za hodinu

$$n_{hod} = n \cdot 60 = 4,2 \cdot 60 = 252 \text{ [ot / hod]} \quad (22)$$

- počet otáček za směnu (8 hodin)

$$n_s = n_{hod} \cdot 8 = 252 \cdot 8 = 2016 \text{ [ot / směnu]} \quad (23)$$

- počet otáček za měsíc (20 pracovních dnů)

$$n_m = n_s \cdot 20 = 2016 \cdot 20 = 40320 \text{ [ot / mes]} \quad (24)$$

- počet otáček za rok

$$n_{rok} = n_m \cdot 12 = 40320 \cdot 12 = 483840 \text{ [ot / rok]} \quad (25)$$

Podle rovnice (17) je ekvivalentní zatížení rovno radiální síle F_r

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

$$P = 1 \cdot 514 + 0 \cdot 0$$

$$P = 514 \text{ [N]} \quad (26)$$

Základní trvanlivost ložiska v milionech otáček (při 90% spolehlivosti) podle ISO 281:1990:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p = \left(\frac{5850}{514} \right)^3 = 1474,274 \text{ [mil.ot]} \quad (27)$$

kde

p je exponent rovnice trvanlivosti pro ložiska s bodovým stykem.

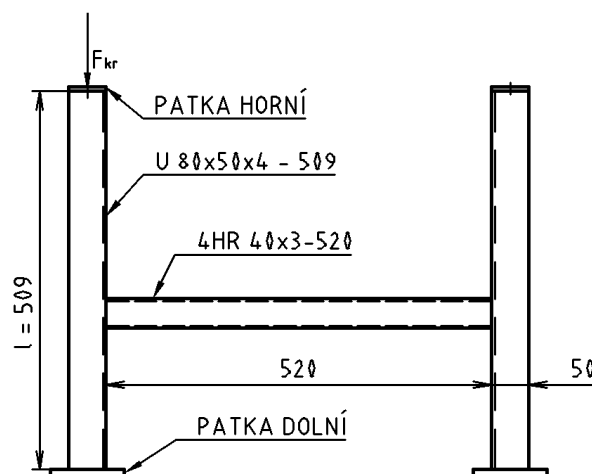
Trvanlivost v provozních hodinách:

$$L_{10rok} = \frac{10^6}{60 \cdot n_r} \cdot L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot 483840} \cdot 1474,274 = 50,8 [let] \quad (28)$$

Z výsledku je možno vyčíst, že ložisko má dlouhodobou životnost, jelikož síla, která na něj působí je malá.

5.3 Návrh a kontrola noh dopravníku

Z důvodu malého zatížení, které působí na nohy dopravníku, budeme kontrolovat nohy na vzpěr podle obr. 19. Předběžně volím U profil 80x50x4 - 509 ČSN 42 6963 podle katalogu Feron [9].



Obr. 17 Noha dopravníku

Horní a dolní patky budou k U profilu přivařeny koutovým svarem, který není nutno kontrolovat, protože svary nic neunesou a nejsou zatěžovány. Nohy budou pro lepší stabilitu spojeny čtyřhranným profilem zvoleného průřezu 40x3, který bude přivařen koutovým svarem po obvodu. Volbu výpočtové výšky svaru zvolím v závislosti na nejmenší tloušťce svařovaných součástí.

$$a \approx (0,5 \div 0,7) \cdot s_{\min} \quad (29)$$

kde

a – výška svaru

s_{\min} – minimální tloušťka svaru

Výpočet na vzpěr budu kontrolovat U profil, který má způsob uložení jednoho konce upnutého a druhého konce volného. Výpočtové vztahy jsou znázorněny ve strojnických tabulkách [12]. Hodnoty U profilu, které bude potřebovat jsou podle [9], kde plocha průřezu $S = 6,53 \text{ [cm}^3\text{]}$ a moment setrvačnosti $I = 16,51 \text{ [cm}^4\text{]}$.

Poloměr setrvačnosti:

$$i = \sqrt{\frac{I}{S}} = \sqrt{\frac{16,51 \cdot 10^4}{6,53 \cdot 10^2}} = 15,9 \text{ [mm]} \quad (30)$$

Štíhlost:

$$\lambda = \frac{n \cdot l}{i} = \frac{\frac{1}{4} \cdot 509}{15,9} = 8 \quad (31)$$

kde n - korekční součinitel vzpěru [14].

$\lambda < 20 \Rightarrow$ podle výsledku se jedná o zatížení tlakem [9].

Pevnostní rovnice pro prosté namáhání tlakem:

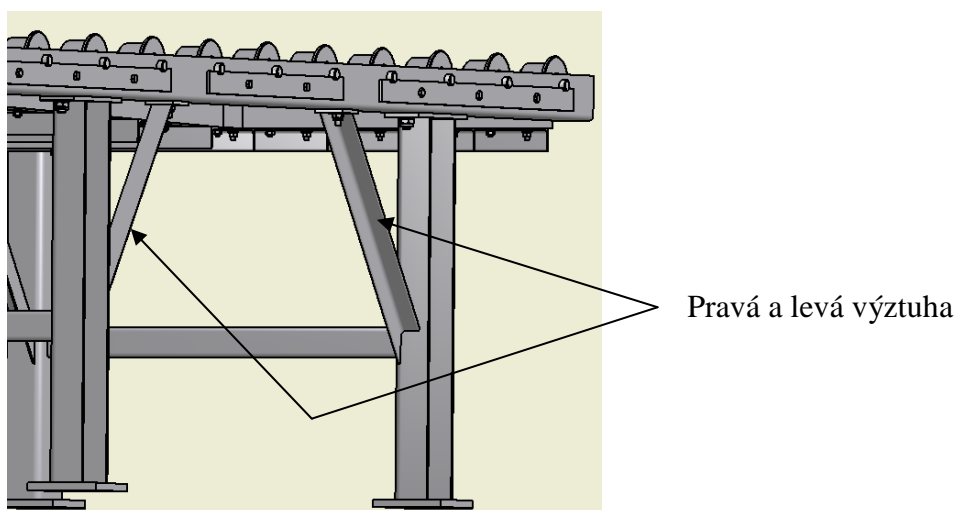
$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{S} \leq \sigma_D \\ \sigma &= \frac{1542}{653} \leq \sigma_D \\ \sigma &= 2,36 \text{ [MPa]} \leq \sigma_D = 100 \text{ [MPa]} \end{aligned} \quad (32)$$

kde

síla F je poloviční zatížení na dopravník od maximální síly (1), pevnostní rovnice vyhovuje dovolenému napětí $\sigma_D = 100 \text{ [MPa]}$ pro zvolený materiál 11 373 podle [9].

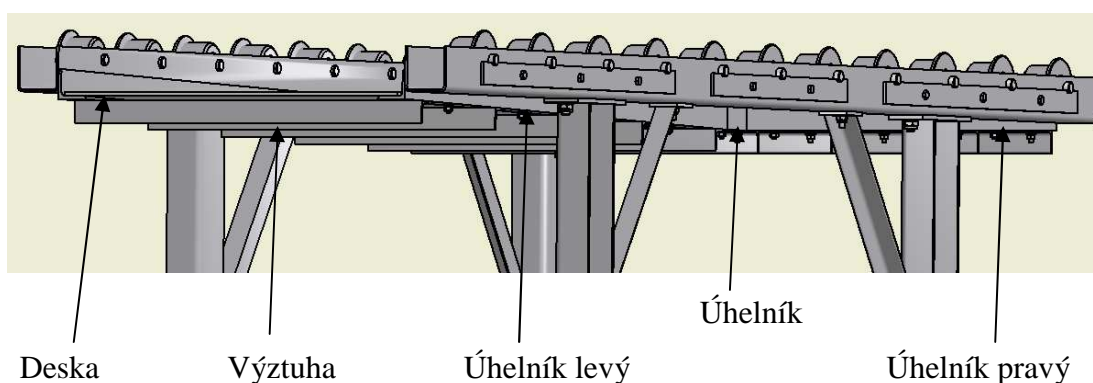
Spojení bočnic a noh bude provedeno šroubovým spojem. Otvory jsou vyvrtané v horní patce o zvolených rozměrech. Komponenty šroubového spojení jsou uvedeny k kusovníku sestavného výkresu. Z důvodu, že šrouby nemají nosnou funkci neprovádíme pevnostní kontrolu.

Pro eliminaci průhybu bočnice mezi nohami dopravníku jsem vyztužil rám pravou a levou výztuhou podle obr. 20. Výztuhy budou mít v horní části patku s otvorem pro uchycení šroubu, která bude přivařena. Spoje mezi výztuhou a nohou bude provedeny montážním koutovým svarem. Kontrola svaru není nutná, zvolí se pouze výška svaru podle vzorečku (29).



Obr. 18 Pravá a levá výztuha

5.4 Návrh spojení bočnic



Obr. 19 Návrh spojení bočnice

Spojení bude provedeno výztuhami, které budou uchyceny na úhelnících. Úhelníky budou součástí bočnic svařených z vnitřních a horních stran přerušovaným koutovým svarem. Tento způsob svaru nám zajistí, že bočnice se nezdeformuje po svaření. Úhelníky budou přivařeny k bočnici se sklonem 2% do středu dopravníku. Na horní část se položí a

přišroubuje deska z polypropylenu pro odtok elektrolytu, který se bude vypouštět otvorem vyvrtaným ve středu desky opatřený výtokovou trubicou, pod kterou bude záchytná nádoba. Výztuhy i úhelníky budou mít otvory, které se spojí šroubovým spojem. Zvolil jsem úhelníky o rozměrech L40x4 – 970 [mm] a L40x4 – 1010 [mm] a výztuhu L30x3 – 510 [mm] podle ČSN 42 5541 z katalogu Feron [9]. Úhelníky budou mít i otvory pro uchycení desky, které se vyvrtají až při montáži, aby se dosáhlo správného umístění otvorů.

6 Závěr

V bakalářské práci jsem navrhoval a řešil válečkový dopravník pro skidovou dopravu. Ze zadaných parametrů jsem postupně navrhoval části dopravníku, které jsem početně zkontroloval. Některé prvky jsem pouze volil a to ty, které neměly žádnou nosnou funkci. Držel jsem se konstrukčních zásad při navrhování a počítání prvků, abych dodržel vstupní rozměry šířky 630 [mm], výšky 600 [mm] a délky mnou zvoleného dopravníku 2040 [mm]. Jelikož maximální síla $F_{\max} = 3084$ [N], která působila na dopravník je relativně malá, výpočty vycházely s dostatečnou rezervou. K výpočetní dokumentaci jsem vytvořil výkresovou dokumentaci. Výkres celkové dispozice nabíjecí stanice jsem uvedl v příloze.

7 Použitá literatura

- [1] Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J., Hrabovský, L.: *Dopravní a manipulační zařízení II. Skriptum* VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2003, ISBN 80 – 248 – 0493 – X.
- [2] Bernard, V., Dražan, F.: *Válečkové tratě v teorii a praxi*. Praha, 1963.
- [3] Glézl, Š., J., Šišolák, E.: *Dopravníky*. Bratislava, 1960.
- [4] <http://www.atyko.cz/cs/dopravniky-atyko/typy-dopravniku/valeckove-dopravniky/valeckovy-dopravnik-nehnany.html>
- [5] <http://www.tranza.cz/cs/dopravni-systemy/valeckove-trate/>
- [6] <http://www.mostr.cz/Valeckove-dopravniky--H.html>
- [7] <http://www.fapros.cz>
- [8] http://www.saft-ferak.cz/ferak_web/htm_cz/10-10_home.htm
- [9] Katalog společnosti Feron, a.s.
<http://www.ferona.cz/cze/katalog/search.php?kat=1>
- [10] Katalog společnosti SKF
<http://www.exvalos.cz/katalog-lozisek-skf>
- [11] Dejl, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I: Spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce*. 1. vydání. Montanex a.s., Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3, 225s.
- [12] Leinveber, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Albra. Úvaly, 2003, ISBN 80-86490-74-2
- [13] Drastík, F. a kol.: *Strojnické tabulky pro konstrukci a dílnu*. 2. dop. vydání. Montanex a.s., Ostrava, 1999, ISBN 80-85780-95-X., 722s.
- [14] Kolektiv katedry: *Pružnost a pevnost I*. 2. vydání. ČVUT, Praha 1, 1977, ISBN II-35655-1834/78.

7.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Obloukový dopravník.....	13
Obr. 2 Válečkový dopravník nehnaný.....	14
Obr. 3 Nepoháněný válečkový dopravník.....	15
Obr. 4 Válečkový dopravník H.....	15
Obr. 5 Hladký váleček	16
Obr. 6 Nosný rám středního typu.....	17
Obr. 7 Fotodokumentace místnosti nabíjecí stanice.....	19
Obr. 8 Fotodokumentace opotřeбенí nabíjecí lavice.....	19

Obr. 9 Schéma DKV v Olomouci.....	20
Obr. 10 Schéma a fotografie akumulátoru.....	21
Obr. 11 Nákres skidu.....	21
Obr. 12 Válečkový dopravník.....	22
Obr. 13 Zatížení profilu.....	22
Obr. 14 Váleček	24
Obr. 15 Namáhání čepu	25
Obr. 16 Jednořadé kuličkové ložisko.....	28
Obr. 17 Noha dopravníku.....	31
Obr. 18 Pravá a levá výztuha.....	33
Obr. 19 Návrh spojení bočnice.....	33

7.2 Seznam příloh

- Příloha č. 1 Výkres celkové dispozice nabíjecí stanice
- Příloha č. 2 Výkres sestavení nabíjecí lavice
- Příloha č. 3 Výkres podsestavy válečku
- Příloha č. 4 Výrobní výkres čepu

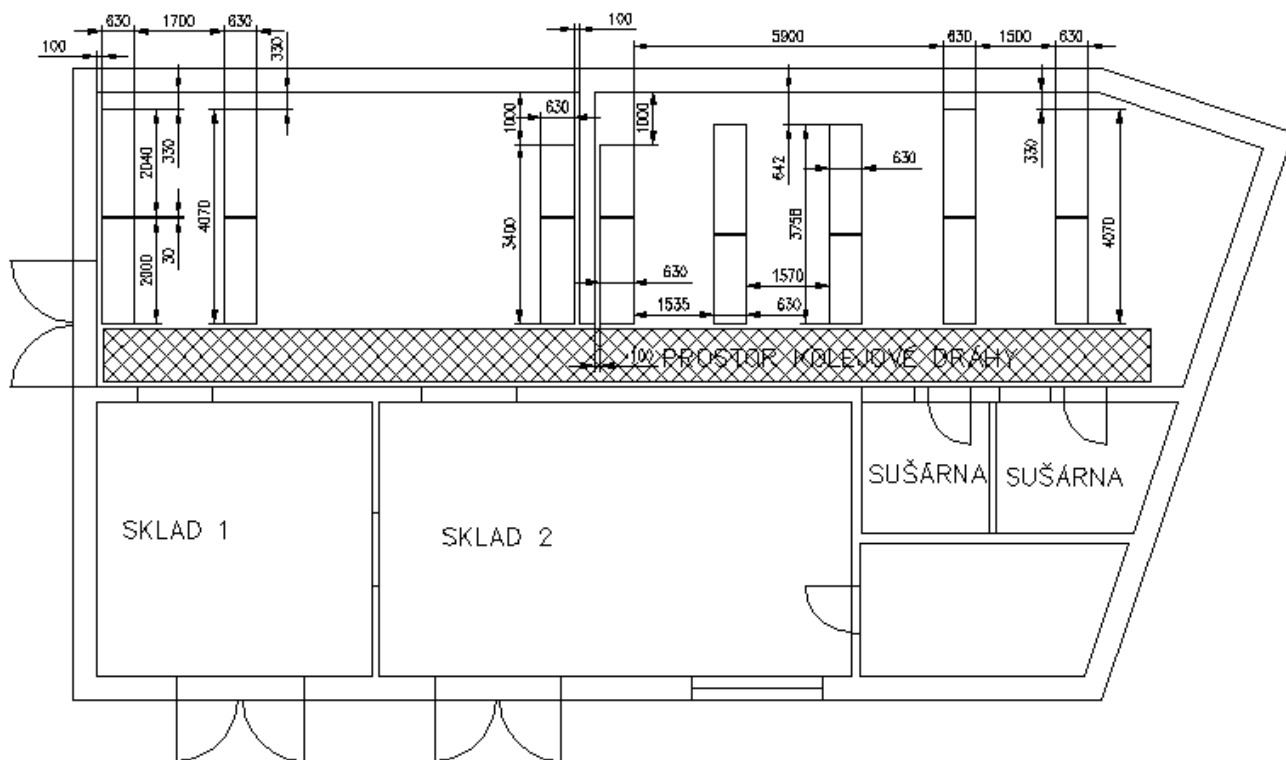
7.3 Seznam tabulek

- Tab. 1 Dovolené napětí a dovolené tlaky
- Tab. 2 Hodnoty ložiska

Příloha č. 1

Výkres celkové dispozice nabíjecí stanice

ROZMÍSTĚNÍ VALEČKOVÝCH DOPRAVNÍKŮ



Poděkování

Rád bych tímto poděkoval Ing. Šárce Hurníkové, Ph.D. za trpělivost, podněty a celkové vedení při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Zdeňkovi Mužnému a Ing. Luděkovi Mužnému z firmy Fapros družstvo za cenné rady, výbornou spolupráci při řešení bakalářské práce a za možnost zpracování této práce.

Patrik Kozel